Über die Theilung des elektrischen Stroms.

Von **K. W. Knochenhauer.**

In dem Monatsbericht der Berliner Akademie der Wissenschaften 3. Januar d. J. (Pogg. Ann. Bd. 106, S. 201) hat Riess Versuche mitgetheilt, welche den directen Beweis liefern sollen, dass bei der Theilung des elektrischen Stroms Nebenströme auf den Zweigen selbst erregt werden. Da mir die angeführten Thatsachen nicht unbekannt waren (s. Sitzungsb. Bd. 18, S. 152 und S. 156), so habe ich in der Abhandlung eine vollständigere Angabe der hierher gehörigen Erscheinungen vermisst, welche, wie ich glaube, erst eine klare Einsicht in die vorliegenden Verhältnisse gewähren und damit ein richtiges Urtheil über die Tragweite des gelieferten Beweises gestatten. Bei der Wichtigkeit, welche die elektrische Stromtheilung für die Elektricitätslehre hat, scheint es mir der Mühe werth, das Fehlende zu ergänzen; auch dürfte ich hierzu wohl einiges Recht beanspruchen können, insofern ich zuerst die Abweichung der elektrischen Stromtheilung von der galvanischen nachgewiesen habe, und desshalb alle in dieses Gebiet einschlagenden Versuche stets mit besonderem Interesse verfolge.

Zu meinen Beobachtungen habe ich mich als Apparats vornehmlich der beiden mit Kupferdrath umwickelten und in einander befestigten Glasröhren von 18½ Zoll Länge bedient, die ich Sitzb. Bd. 18, S. 143 angeführt habe. Die äussere Glasröhre ist 21 Linien weit und die sie bedeckende Spirale I enthält in 80 Windungen 36′ Drath; die innere ist 13 Linien weit, und die Länge ihrer Spirale II beträgt 25′5 in 78 Windungen. Der etwas über ½ Linie starke Kupferdrath *K.* mag sich beim Aufwickeln, wo er stark angezogen wurde und durch zwei Holzstäbe hindurchglitt, vielleicht noch etwas

gedehnt haben. Es wurde theils die äussere Spirale (I), theils die innere (II) allein angewandt, wobei II oder I offen blieben, theils wurde I genommen, während II mit 1'5 $K.$, mit 3' $K.$, mit 17 Zoll Platindrath P von 0'''801 Stärke. d. h. dem Drathe des Thermometers nebst 1' $K.$, mit 8' $K.$ oder mit einer Platinspirale B in 25 Windungen von 32'' Länge und 0'''061 Stärke nebst P. und 0'5 $K.$ geschlossen war, welche Anordnungen ich mit I (II × 1·5), I (II × 3), I (II × P 1), I (II × 8), I (II × B P 0·5) bezeichnen werde [1]), theils kam II in Anwendung, während I durch 1'5 geschlossen war, d. h. II (I × 1·5). Ausserdem habe ich beide Spiralen durch 2' $K.$ so verbunden, dass der Strom sie einmal nach derselben Richtung, dann nach entgegengesetzter Richtung durchlief, was ich mit I+II gleichl. oder I+II contr. bezeichne. Auch kam noch Platinspirale B (B) für sich allein in Anwendung, und endlich 68 Zoll Platindrath, genau oder nahe von gleicher Stärke wie der Thermometerdrath P, welche in 13 Windungen um eine Glasröhre zur Spirale gewunden waren; im Innern derselben war eine Kupferspirale von 7' Länge, die theils offen, theils durch 1' $K.$ geschlossen wurde; Zeichen dafür sind Sp. P und Sp. P (×). Alle übrigen Dräthe bestanden aus dem gewöhnlichen Kupferdrath.

Wie in neuester Zeit Blaserna bestätigt hat, erlangt der Strom der Nebenbatterie bei Gleichheit der Haupt- und Nebenbatterie dann das Maximum seiner Stärke, wenn Haupt- und Nebendrath gleich lang sind. Schaltet man also in den Hauptdrath irgend einen Drath ein und verlängert den Nebendrath so weit, dass der Nebenbatteriestrom sein Maximum erreicht, oder schaltet man umgekehrt bei so weit verlängertem Hauptdrath einen Drath in den Nebendrath ein, dass dieser sich noch weiter bis zum Maximum des Stroms verlängern lässt, so kann man aus der Vergleichung beider Schliessungsdräthe entnehmen, welche Länge der eingeschobene Drath repräsentirt, und zwar in frei ausgespanntem Kupferdrath, aus dem der übrige Theil der Schliessungsdräthe besteht. Da diese Länge oftmals von der natürlichen Länge der Dräthe abweicht, so habe ich sie die äquivalente Länge genannt. Von meinen Flaschen sind $F_2 + F_3$ und $F_1 + F_4$ einander ungefähr an Stärke gleich; um indess die

[1]) In dem Folgenden werde ich überhaupt den überall gleichartigen Kupferdrath stets nach Fussen angeben und der Kürze wegen die Zeichen ' und $K.$ fortlassen.

kleine Differenz unschädlich zu machen, habe ich erst jene als Hauptbatterie und diese als Nebenbatterie, dann umgekehrt diese als Haupt-, jene als Nebenbatterie genommen, und aus beiden Beobachtungen das Mittel als äquivalente Länge jedem der untersuchten Dräthe sogleich in der Überschrift beigefügt. Die Dräthe selbst habe ich in den Hauptdrath eingeschaltet, weil der Verlauf desselben deutlicher sein möchte als der des Nebenbatteriestroms, also unnütze Erörterungen auf diese Weise beseitigt werden. Die Kugeln des Funkenmessers, welche die Ladung der Hauptbatterie bestimmten, standen um 2·4 Linien aus einander, und die Induction erfolgte durch die im quadratischen Rahmen ausgespannten und um einen Zoll aus einander stehenden 24′; der Hauptdrath hatte eine Länge von 36·0, der Nebendrath von 34·5, wobei der Thermometerdrath P zu 2 gerechnet ist; was darüber eingefügt werden musste, ist unter n in den ersten Columnen in Fussen notirt, wogegen die zweiten Columnen unter Θ die beobachteten Erwärmungen angeben.

Hauptbatterie $F_2 + F_3$ | Hauptbatterie $F_1 + F_4$
Nebenbatterie $F_1 + F_4$ | Nebenbatterie $F_2 + F_3$

a) I = 65·5.

n	θ	n	θ
48	6·0	60	8·0
56	8·0	64	8·5
60	8·5	68	9·0
64	9·0	72	9·0
68	8·5	76	8·5
72	8·0		

b) I (II × 1·5) = 36.

n	θ	n	θ
28	8·7	32	8·6
32	9·7	36	9·8
36	10·1	40	10·1
44	8·7	44	9·6
52	6·6		

c) I (II × 3) = 38.

n	θ
32	8·8
36	9·7
40	9·6
44	8·8

n	θ
32	8·1
36	9·3
40	9·8
44	9·6

d) I (II × *P* 1) = 38,

n	θ
32	7·2
36	7·7
40	7·7
44	7·1

n	θ
32	6·4
36	7·2
40	7·6
44	7·3

e) I (II × 8) = 42.

n	θ
36	9·0
40	9·5
44	9·6
48	8·5

n	θ
40	9·1
44	9·5
48	9·4
52	9·0

f) I (II × *B P* 0·5) = 43.

n	θ
36	4·0
40	4·2
44	4·5
48	4·1

n	θ
40	4·0
44	4·2
48	4·3
52	4·1

g) II = 37·5.

n	θ
32	10·2.
36	10·6
40	10·5
44	9·4
48	8·0

n	θ
32	10·1
36	10·5
40	10·8
44	10·7
48	10·0

h) II (I × 1·5) = 19·5.

n	θ	n	θ
16	11·2	16	11·0
20	11·5	20	11·6
24	11·2	24	11·8
28	10·2	28	11·2
32	9·2		

i) I + II gleichl. = 160.

n	θ	n	θ
126	1·4	142	1·8
142	2·4	158	4·0
158	4·4	174	4·5
174	2·5	190	2·4
190	1·3		

k) I + II contr. = 37·5.

n	θ	n	θ
28	8·5	32	8·2
31	9·0	36	9·0
36	9·4	40	9·3
40	9·1	44	9·2
44	8·7	48	9·0

l) $B = 4·3$.

n	θ	n	θ
2	5·3	2	5·1
4	5·6	4	5·4
6	5·5	6	5·5
8	5·3	8	5·5
10	5·0	10	5·3

m) Sp. $P = 7·5$ (unsicher).

n	θ	n	θ
6	4·0	6	3·7
8	4·0	8	4·0
10	4·0	10	4·0
12	3·8	12	4·0
		14	3·7

n) Sp. $P(\times) = 6\cdot5$ (unsicher).

n	θ	n	θ
6	4·2	6	3·9
8	4·2	8	4·1
10	4·0	10	4·1
12	3·7	12	3·9
		14	3·8

Abgesehen von jeder Erklärung lehren diese Beobachtungen, dass ein zu einer Spirale gewundener Drath eine äquivalente Länge besitzt, die grösser als die natürliche ist; so steigt die äquivalente Länge von I auf 65·5, von II auf 37·5; ja wenn der Strom in doppelter Reihe parallele Windungen in gleicher Richtung durchfliesst, wie in I+II gleichl., wird die äquivalente Länge sehr beträchtlich. Schliesst man dagegen die zweite Spirale, wodurch in ihr ein Nebenstrom entsteht, so geht die äquivalente Länge zurück und sinkt selbst unter die natürliche Länge, so namentlich bei II (I×1·5), wo sie auf 19·5 kommt. Je kürzer der Schliessungsdrath der Nebenspirale ist, desto kleiner fällt die äquivalente Länge der andern Spirale aus, allein es macht keinen Unterschied, ob der schliessende Bügel besser oder schlechter leitet, wenn nur die äquivalente Länge desselben unverändert bleibt; so geben I (II × 3) und I (II×*P*1), ebenso I (II×8) und I (II×*BP* 0·5) dasselbe Resultat. Die gleiche Verkürzung findet Statt, wenn der Hauptstrom die einander parallelen Windungen zweier Spiralen in entgegengesetzter Richtung durchläuft, wie bei I×II contr., wo die Länge auf 37·5 zurückgeht. Die äquivalente Länge schlecht leitender Dräthe ist etwas beträchtlicher als die natürliche, doch kommen hier nur Spiralen vor, und die Beobachtungen waren nicht ganz zuverlässig.

Hierauf habe ich die Widerstände bestimmt, welche die einzelnen Dräthe oder Drathverbindungen leisten. Die Batterie F_2+F_3 gab den Strom her, die Kugeln des Funkenmessers standen wieder um 2·4 Linien aus einander, und den Stamm bildeten 15·5+*P* (der Drath des Thermometers). Da die Temperatur des Zimmers nach und nach abnahm, so bestimmte ich mehrfach die Wärme im Stamm allein und berechnete die Widerstände nach dem Mittel der beiden Zahlen, welche kurz vor und nachher erhalten waren. Dies gab:

Eingefügte Dräthe	θ	Widerstand
O	21·6	—
16′ K.	19·6	0·10
32′ K.	17·6	0·22
48′ K.	16·0	0·34
I	15.5	0·39
I (II × 1·5) . .	15·5	0·39
II	17·6	0·22
II (I × 1·5) . .	17·6	0·22
I + II gleichl. . .	12·5	0·72
I + II contr. . .	14·7	0·47
O	21·5	—
I (II × 3) . . .	15·4	0·39
I (II × P I) . . .	12·1	0·77
I (II × 8) . . .	15·5	0·38
I (II × B P 0·5)	7·4	1·89
O	21·4	—
P	13·7	0·56
Sp. P.	5·6	2·81
Sp. P. (×) . . .	5·6	2·81
B	7·2	1·97
O	21·3	—

Nach diesen Beobachtungen wurde zu der Batterie $F_2 + F_3$ ein verzweigter Schliessungsbogen gebildet. Der Stamm bestand durchweg aus 15·5 Fuss Kupferdrath, und jeder Zweig enthielt P, so dass die Wärme stets in beiden Zweigen beobachtet werden konnte. In dem einen der beiden Zweige (Zw. II) war eine von den Drathverbindungen, die vorher in den Hauptdrath eingeschaltet waren, auch ausserdem noch Kupfer- oder Platindrath; der andere Zweig (Zw. I) wurde dann durch Kupferdrath, bisweilen auch mit Zufügung der Platinspirale B, so lange verändert, bis die Erwärmung in beiden Zweigen gleich wurde. Da nach meinen früheren Angaben die Ströme in beiden Zweigen gleich sind, wenn beide äquivalent gleich lang sind, so liessen sich die äquivalenten Längen der einzelnen Dräthe oder Drathverbindungen bezogen auf frei ausgespannten Kupferdrath aus diesen Beobachtungen entnehmen, und ich habe sie in der letzten Columne bei jeder Nummer in Fussen angegeben. Die Kugeln des Funkenmessers standen wieder um 2·4 Linien aus einander; wenn indess die Erwärmungen im ersten

$('\theta)$ und zweiten (θ'') Zweige zu klein ausfielen, wurden sie auf 3·2 Linien von einander entfernt, wodurch sich die Zahlen gleichmässig etwa um das $1^1/_2$fache erhöhten. Diese stärkeren Ladungen sind mit * bezeichnet.

Stromtheilung durch gleich lange Zweige.

Nr.	Zweig I.	Zweig II.	θ'	θ''	Äquival. Länge
1	*P* 4	*P* 4	8·7	8·2	
	„ 8	„ 8	8·5	8·8	
	„ 16	„ 16	8·2	8·3	
	„ 24	„ 24	7·6	7·6	
2	*P* 2	*P P* 0·3 *	11·7	9·7	
	„ „	„ „ „	7·7	6·4	
	„ 3	„ „ „	6·5	7·2	2·4
	„ 18	„ „ 16	6·2	6·4	
3	*P* 4	*P B*	7·4	3·9	
	„ 6	„ „	5·2	4·9	
	„ „	„ „ *	8·0	7·5	
	„ 22	„ „ 16	6·8	7·0	
	„ 6 *P*	„ „ 2	6·3	6·7	6
4	*P* 36	*P* II	8·0	8·0	
	„ 42	„ „ *B*	4·9	5·0	
	„ 36 *B*	„ „ 6	4·8	4·7	36
5	*P* 18	*P* II (I × 1·5)	8·0	7·7	
	„ 20	„ „	7·4	8·6	
	„ 24	„ „ *B*	4·7	5·0	
	„ 18 *B*	„ „ 6	5·0	5·0	18·5
6	*P* 64	*P* I	7·0	7·1	64
7	*P* 36	*P* I (II × 1·5)	7·2	7·0	
	„ 38	„ „	6·6	7·4	36
8	*P* 38	*P* I (II × 3)	6·7	6·7	38
9	*P* 40	*P* I (II × *P* 1) 2	6·0	5·9	
	„ 46	„ „ 8	5·8	5·7	
	„ 40	„ „ 2 *	8·6	8·6	
	„ 46	„ „ 2 *B* *	5·9	6·1	
	„ 40 *B*	„ „ 8 *	6·0	5·8	
	„ 34 *B*	„ „ 2 *	6·4	6·1	38
10	*P* 40	*P* I (II × 8)	6·7	5·3	
	„ 42	„ „	6·3	6·4	42
11	*P* 42	*P*I (II × *B P* 0·5)	4·3	4·2	42
12	*P* 154	*P* I + II gleichl.	4·7	4·4	

Nr.	Zweig I.	Zweig II.	Θ′	Θ″	Äquival. Länge
	P 158	P I + II gleichl.	4·2	4·5	
	„ 162	„ „	4·2	5·0	156
13	P 36	P I + II contr.	7·4	7·1	
	„ 38	„ „	7·2	7·4	
	„ 32 B	„ „	4·6	4·6	37·5
14	P 10	P Sp. P 2 °	10·0	5·6	
	„ 12	„ „ „ °	9·0	6·0	
	„ 14	„ „ „ °	7·2	6·6	
	„ 16	„ „ „ °	6·0	7·0	12·5
15	P 10	P Sp. P (×) 2 °	8·0	6·4	
	„ 12	„ „ „ °	6·6	7·1	
	„ 14	„ „ „ °	5·6	7·6	9·5

Die aus den vorstehenden Beobachtungen entnommenen äquivalenten Längen stimmen mit den vorher mittelst des Nebenbatteriestroms gefundenen im Ganzen überein, da I, II und I+II gleichl., nur wenig kleiner geworden sind. Bedeutender weichen nur B, Sp. P und Sp. P (×) ab, die hier eine grössere Länge erreichen. Waren zwar die beiden letzten Dräthe oben nicht genau zu bestimmen, so erklärt sich doch die Differenz dadurch nicht völlig. Es lässt sich indess wahrnehmen, dass B von der äquivalenten Länge = 6 etwas abnimmt, wenn der Zweig, worin es sich befindet, noch einen längern Kupferdrath enthält; dasselbe findet auch bei P Statt. Später werde ich hierauf ausführlicher eingehen.

Endlich wurden Zweige von ungleicher äquivalenter Länge gebildet, und zwar im Verhältniss von 3 : 4, von 2 : 3 und von 1 : 2. Die äquivalenten Längen nahm ich dabei so an, wie sie die so eben mitgetheilte Theilung durch gleich lange Zweige ergeben hatte, nur P setzte ich durchweg = 2. Erfolgt die Stromtheilung, wie ich aus meinen früheren Beobachtungen gefolgert habe, umgekehrt proportional zu den äquivalenten Längen der Zweige, so müssen die Erwärmungen in den Zweigen sich wie 9 : 16, wie 4 : 9 und wie 1 : 4 verhalten oder die Verhältnisszahlen 1·78 — 2·25 — 4·00 liefern.

Stromtheilung durch ungleich lange Zweige.

a) Zweige wie 3 : 4; Wärmeverhältniss 1·78.
b) „ „ 2 : 3; „ 2·25.
c) „ „ 1 : 2; „ 4·00.

Nr.	Verh. d. Zw.	Zweig I.	Zweig II.	Θ′	Θ″	Θ′/Θ″
16	*a*	*P* 16	*P* 22	10·8	6·2	1·74
	b	„ „	„ 25	11·4	5·0	2·38
	c	„ „	„ 34	12·0	2·9	4·13
17	*a*	*P B* 4	*P* 14 *	9·0	4·6	1·96 [1])
	b	„ „ „	„ 16 *	8·9	3·8	2·34
	c	„ „ „	„ 22 *	9·5	2·2	4·32
18	*a*	*P* 7	*P B* 4	6·6	4·6	1·44 [2])
	b	„ 6	„ „ „	7·6	4·0	1·90
	c	„ 4	„ „ „	9·7	3·2	3·03
	a	*P* 7	„ „ „ *	9·5	6·5	1·46 [3])
	b	„ 6	„ „ „ *	10·5	6·0	1·75
	c	„ 4	„ „ „ *	14·1	4·7	3·00
19	*a*	*P B* 16	*P* 30	8·3	4·9	1·67
	b	„ „ „	„ 34	8·8	3·9	2·31
	c	„ „ „	„ 46	9·2	2·4	3·83
20	*a*	*P* 16	*P B* 16	6·4	4·3	1·49 [4])
	b	„ 14	„ „ „	6·9	4·0	1·72
	c	„ 10	„ „ „	9·4	3·0	3·13
	a	*P* 16	*P B* 16 *	9·0	6·2	1·45 [5])
	b	„ 14	„ „ „ *	10·4	6·0	1·73
	c	„ 10	„ „ „ *	14·2	4·7	3·02
21	*a*	*P* 11	*P* 48·7 *	12·6	6·7	1·88
	b	„ „	„ 55 *	13·5	5·9	2·29
	c	„ „	„ 74 *	15·8	3·8	4·16
22	*a*	*P* 26·5	*P* 11 *	12·8	8·0	1·60 [6])
	b	„ 23·3	„ „ *	14·0	7·5	1·87
	c	„ 17	„ „ *	17·0	5·1	3·33
23	*a*	*P* 11 (1 × 1·5)	*P* 25·3 *	13·0	7·2	1·80
	b	„ „	„ 28·7 *	14·0	5·8	2·41
	c	„ „	„ 39 *	16·5	4·0	4·12
24	*a*	*P* 13·4	*P* 11 (1 × 1·5) *	13·2	7·7	1·72
	b	„ 11·7	„ „ *	14·0	6·4	2·19
	c	„ 8	„ „ *	17·5	4·4	3·98
25	*a*	*P* 11 (1 × 1·5)	*P B* 19·3 *	9·4	5·8	1·62 [7])
	b	„ „	„ „ 22·7 *	10·9	5·2	2·10
	c	„ „	„ „ 33 *	13·6	4·0	3·40

Nr.	Verh. d. Zw.	Zweig I.	Zweig II.	W'	W''	$\frac{W'}{W''}$
26	*a*	*P B* 7·4	*P* II (I × 1·5) *	8·7	5·2	1·67
	b	„ „ 5·7	„ „ *	8·9	3·8	2·34
	c	„ „ 2·2	„ „ *	10·5	2·7	3·89
27	*a*	*P* II (I × 3)	*P* 51·3 *	12·0	6·7	1·79
	b	„ „	„ 58 *	12·9	5·6	2·29
	c	„ „	„ 78 *	14·4	3·6	4·00
28	*a*	*P* 28	*P* II (I × 3) *	11·8	7·4	1·60 [8]
	b	„ 24·7	„ „ *	12·4	6·2	2·00
	c	„ 18	„ „ *	15·8	4·3	3·67
29	*a*	*P* I (II × *P* I)	*P* 51·3 *	11·0	5·8	1·89
	b	„ „	„ 58 *	11·2	4·7	2·38
	c	„ „	„ 78 *	12·6	3·2	3·94
30	*a*	*P* 28	*P* I (II × *P* I) *	11·0	7·0	1·57 [9]
	b	„ 24·7	„ „ *	12·0	6·0	2·00
	c	„ 18	„ „ *	15·2	4·0	3·80
31	*a*	*P* I (II × 8)	*P* 56·7 *	10·4	5·7	1·84
	b	„ „	„ 64 *	12·0	5·0	2·40
	c	„ „	„ 86 *	14·0	3·4	4·12
32	*a*	P 31	*P* I (II × 8) *	10·5	7·2	1·46 [10]
	b	„ 27·3	„ „ *	11·5	6·6	1·74
	c	„ 20	„ „ *	15·3	4·0	3·82
33	*a*	*P* I (II × *P B* 0·5)	„ 56·7 *	7·1	3·8	1·87
	b	„ „	„ 64 *	8·0	3·3	2·42
	c	„ „	„ 86 *	8·7	2·1	4·14
34	*a*	*P* 31	*P* I (II × *B P* 0·5) *	8·0	5·1	1·57 [11]
	b	„ 27·3	„ „ *	9·6	4·9	1·96
	c	„ 20	„ „ *	12·5	3·4	3·68

[1] *B* = *a* 5·4 *b* 5·8 *c* 5·5
[2] *B* = *a* 4·8 *b* 5·0 *c* 4·4
[3] *B* = *a* 4·8 *b* 4·5 *c* 4·4
[4] *B* = *a* 4·0 *b* 3·0 *c* 3·2
[5] *B* = *a* 3·9 *b* 3·0 *c* 2·9
[6] II = *a* 34·2 *b* 33·6 *c* 32·8
[7] *B* = *a* 4·8 *b* 5·0 *c* 2·8
[8] I (II × 3) = *a* 36·1 *b* 35·8 *c* 36·4
[9] I (II × *P* I) = *a* 36·0 *b* 35·8 *c* 37·0
[10] I (II × 8) = *a* 37·9 *b* 34·7 *c* 41·0
[11] I (II × *B P* 0·5) = *a* 39·3 *b* 39·0 *c* 40·2

Die vorstehenden Beobachtungen stimmen zum Theil mit der Voraussetzung so genau überein, wie man es bei derartigen Beobachtungen nur erwarten kann, da ausser den Beobachtungsfehlern immer

kleine Störungen durch die bald mehr bald weniger gut geleiteten Dräthe, namentlich bei ihrer oft sehr ansehnlichen Länge vorkommen werden. Anderntheils stellen sich Differenzen heraus, die durchgängig in derselben Weise hervortreten, so dass sie den unvermeidlichen Störungen nicht zugeschrieben werden können. Es zeigt sich nämlich überall, dass bei *B*, bei II (I war der grossen Länge wegen nicht zugezogen), selbst bei I (II × 3) oder I (II × *P*1), eben so bei I (II × 8) oder I (II × *BP* 0·5), also gerade bei den Dräthen, wo durch den Lauf des Stroms in zu einander parallelen Windungen oder wie bei *B* durch den grösseren Widerstand die äquivalente Länge bedeutend gesteigert wird, diese etwas abnimmt, wenn *B* noch mit vielen Fuss Kupferdrath in demselben Zweige verbunden ist, oder wenn der hindurchgehende Stromtheil gering ist, also wenn diese Dräthe sich im langen Zweige befinden. Sind sie dagegen im kurzen Zweige, und geht demzufolge durch sie der grössere Stromtheil hindurch, so halten sie ihre äquivalente Länge fest. Die angeführten Änderungen der äquivalenten Längen sind indess nicht so beträchtlich, als es nach dem Wärmeverhältniss auf den ersten Anblick scheinen könnte. Denn rechnet man selbst die ganze Abweichung des beobachteten Verhältnisses von dem angenommenen auf Änderung der äquivalenten Länge des Drathes, welcher stört, so sind die Änderungen nach den Zahlen, die ich der Tabelle beigefügt habe, noch keineswegs auffallend; die äquivalente Länge von *B* kommt niemals unter ihre natürliche Länge herab, und die übrigen Drathverbindungen schwanken noch weniger, da die Zahl 34·7 unter Nr. 32 *b* offenbar aus einer Störung entstanden ist, wie die ihr entsprechende 39·0 unter Nr. 34 *b* nachweist.

Da die Beobachtungen mit den schlechter leitenden Dräthen noch nicht allen Anforderungen entsprechen, um daraus ganz zuverlässige Folgerungen zu ziehen, so liess ich mir ein empfindlicheres Thermometer anfertigen. Ich werde später einmal die Construction desselben näher besprechen, und bemerke für jetzt nur, dass es einen gleich langen und gleich starken, ebenfalls geradlinig ausgespannten Platindrath enthält wie das bisherige Thermometer, dass es aber etwa doppelt so grosse Zahlen liefert. — Zuerst wurde aus der Stromtheilung die äquivalente Länge der schlechter leitenden Dräthe abgeleitet, zu denen noch 8′ Silberdrath (8′ *S*) nahe von gleicher Stärke mit dem Platindrath hinzugenommen wurden, eben

so die 68″ Platindrath, die als Spirale abgewickelt und geradlinig ausgestreckt wurden, wo ich sie mit $(4P)$ bezeichnen werde. Der Gang der Untersuchung war folgender. Nachdem sich die äquivalente Länge von $P = 2{\cdot}5$ herausgestellt hatte, bildeten die Dräthe entweder allein oder mit 2′ K. den einen Zweig, in den andern wurde Kupferdrath von veränderlicher Länge eingeführt und nach dem Gesetze, dass die Stromtheilung umgekehrt zu den äquivalenten Längen der Zweige erfolgt, die Länge der einzelnen Dräthe berechnet, wobei $P = 2{\cdot}5$ angesetzt wurde. Dann wurden die Zweige länger gemacht und die Stromtheilung wiederum beobachtet. Indem nun angenommen wurde, dass Zw. I, der ausser P. immer nur Kupferdrath enthielt, in seiner Länge richtig bestimmt sei, wurde die äquivalente Länge des andern Zweiges daraus gefolgert, indem derselbe einmal ebenfalls nur Kupferdrath enthielt, dann in Verbindung mit Kupferdrath die schlechter leitenden Dräthe, welche ungefähr statt so vieler Fusse des vorigen Kupferdraths eingeschaltet wurden, als die zuvor ermittelte Länge der genannten Dräthe betrug; dabei wurde $P = 2$ gesetzt. Aus der Differenz, welche in beiden Fällen in der Stromtheilung stattfand, liess sich die Veränderung in der äquivalenten Länge herleiten. Als Batterie diente $(A) + (B)$, und die Schlagweite betrug 2·4 Linien. Dies gab folgende Beobachtungen:

a. P.

Zweig I.	Zweig II.	θ'	θ''	$\frac{\theta'}{\theta''}$	Äq. Länge von P.
P 4	P P 1·5	16·1	16·1	1·00	2·5
P 3·5	„ „ „	18·1	14·9	1·21	2·5

b. B.

Zweig I.	Zweig II.	θ'	θ''	$\frac{\theta'}{\theta''}$	Äq. Länge von B.
P 2	P B 2	29·0	5·4	5·37	5·9
„ 4	„ „ „	19·5	7·6	2·57	5·9
„ 6	„ „ „	13·8	9·3	1·48	5·9
„ 8	„ „ „	10·0	10·7	0·93	5·6
„ 10	„ „ „	7·8	11·8	0·66	5·6
„ 12	„ „ „	5·9	12·2	0·48	5·6
„ 16	„ „ „	4·2	13·0	0·32	6·0
				Mittel	5·8

Zweig I.	Zweig II.	θ'	θ''	$\frac{\theta'}{\theta''}$	Äq. Länge von	
					Zw. II.	B
P 16	P 16	17·6	18·7	0·94	17·5	
„ „	„ 10 B	9·0	10·5	0·86	16·7	5·2
P 7	„ 16	31·3	8·0	3·91	17·7	
„ „	„ 10 B	21·0	6·5	3·23	16·2	4·5
P 16	„ 36	30·0	6·8	4·41	37·8	
„ „	„ 30 B	22·4	5·5	4·07	36·3	4·5
P 18	„ 36	28·6	7·9	3·62	38·0	
„ „	„ 30 B	20·0	6·1	3·28	36·2	4·2
P 38	„ 36	15·1	17·2	0·88		
„ 36	„ „	16·0	16·3	0·98	35·8	
„ „	„ 30 B	8·7	9·7	0·90	34·1	4·3
„ 30 B	„ 36	9·8	8·8	1·11	34·1	

c. (4 P).

Zweig I.	Zweig II.	θ'	θ''	$\frac{\theta'}{\theta''}$	Äq. Länge von (4 P)
P 4	P (4 P)	23·8	5·3	4·49	11·3
„ 8	„ „	13·9	7·9	1·64	11·0
„ 10	„ „	10·3	8·6	1·20	10·8
„ 12	„ „	8·3	9·4	0·88	11·1
„ 16	„ „	5·6	10·1	0·55	11·3
„ 20	„ „	4·1	10·7	0·38	11·4
				Mittel	11·1

Zweig I.	Zweig II.	θ'	θ''	$\frac{\theta'}{\theta''}$	Äq. Länge von	
					Zw. II.	(4 P)
P 28	P 28	16·4	17·1	0·96	29·4	
„ „	„ 17 (4 P)	8·4	8·7	0·92	29·0	10·6
„ 13	„ 28	31·5	7·3	4·35	31·3	
„ „	„ 17 (4 P)	20·8	5·6	3·71	28·9	8·6

d. Sp. P.

Zweig I.	Zweig II.	θ'	θ''	$\frac{\theta'}{\theta''}$	Äq. Länge von Sp. P
P 4	Sp. P 2	27·1	4·2	6·45	12·0
„ 8	„ „	16·1	6·9	2·33	11·5
„ 12	„ „	10·4	8·4	1·24	11·7
„ 14	„ „	8·1	9·0	0·90	11·2
„ 16	„ „	7·4	10·1	0·73	11·3
„ 24	„ „	4·0	10·7	0·37	11·8
				Mittel	11·6

Zweig I.	Zweig II.	θ'	θ''	$\frac{\theta'}{\theta''}$	Äq. Länge von	
					Zw. II.	Sp. *P*
P 13·7	*P* Sp. *P* 2	9·0	9·4			
„ 29	„ 13·7 16	17·3	16·8	1·03	31·5	
„ „	„ Sp. *P* 18	8·3	9·0	0·92	29·7	9·9
„ 14	„ 13·7 16	31·0	7·4	4·19	32·7	
„ „	„ Sp. *P* 18	20·7	5·6	3·70	30·8	9·7

e. Sp. P. (×).

Zweig I.	Zweig II.	θ''	θ'	$\frac{\theta'}{\theta''}$	Äq. Länge von Sp.*P*(×).
P 4	Sp. *P*(×) 2	24·3	5·1	4·76	9·7
„ 8	„ „	13·7	7·6	1·80	9·6
„ 10	„ „	10·5	8·5	1·23	9·5
„ 12	„ „	8·1	9·1	0·89	9·2
„ 16	„ „	5·9	10·0	0·59	9·7
„ 24	„ „	3·2	11·0	0·29	9·8
				Mittel	9·6

Zweig I.	Zweig II.	θ''	θ'	$\frac{\theta'}{\theta''}$	Äq. Länge von	
					Zw. II.	Sp. *P* (×).
P 27	*P* 11.8 16	16·8	17·2	0·98	28·8	
„ „	„ Sp. *P* (×) 18	8·2	8·8	0·93	28·1	9·1
„ 13	„ 11.8 16	31·6	7·5	4·21	30·7	
„ „	„ Sp. *P* (×) 18	21·0	5·5	3·82	29·3	8·4

f. S′ S.

Zweig I.	Zweig II.	θ'	θ''	$\frac{\theta'}{\theta''}$	Äq. Länge von *S′S*.
P 4	*S′ S.*	30·0	6·0	5·00	12·0
„ 6	„	23·0	8·6	2·69	11·4
„ 8	„	17·6	9·9	1·78	11·5
„ 10	„	14·0	12·0	1·17	11·0
„ 12	„	11·2	13·3	0·84	10·8
„ 16	„	7·7	14·9	0·52	10·8
„ 20	„	5·8	16·4	0·35	10·9
				Mittel	11·2

Widerstände.

Eingef. Dr.	θ	Wider-stand
0	27·0	—
B	7·8	2·46
P	16·5	0·64
(4 *P*)	6·5	3·15
0	27·0	—
Sp. *P*	6·2	3·35
Sp. *P* (×)	6·3	3·29
0	27·0	—

Eingef. Dr.	θ	Wider-stand
0	25·5	—
8′ *S.*	11·0	1·32
Sp. *P*	6·1	3·18
Sp. *P* (×)	6·1	3·18

Diese Beobachtungen ergaben mit Sicherheit, dass die schlechter leitenden Dräthe eine grössere äquivalente Länge haben, wenn sie einen Zweig allein bilden, als wenn sie in demselben Zweige mit Kupferdrath vereinigt sind. Mögen zwar die Zahlen der Unsicherheit noch einigen Spielraum gestatten, so tritt doch noch deutlich hervor, dass die äquivalente Länge desto mehr abnimmt, je mehr Kupferdrath hinzugefügt wird. Die (4*P*) waren, wie bemerkt, frei ausgespannt und wurden dann wieder auf die Glasröhre gewickelt und sicher befestigt. Der Widerstand der Dräthe wurde daher zwischen inne bestimmt, und später der von 8′ *S*, die erst nachher hinzukamen. Die Ladung der Batterie stieg hierbei nur auf 1·6 Linien Schlagweite.

Dass die Witterung oder die Batterie keinen merklichen Einfluss ausübt, lehren die nachstehenden Beobachtungen mit Sp. *P* und Sp. *P* (×).

Zw. I.	Zw. II.	θ'	θ''	$\frac{\theta'}{\theta''}$	Äq. Länge	Bemerkung
P 10	*P* Sp. *P* (×) 2	10·1	8·0	1·26	9·5	Bar. 26″ 7‴ regner.
„ 12	„ „ „	8·0	8·8	0·91	9·3	Batt. (*A*) + (*B*).
„ 10	„ „ „	8·9	7·1	1·25	9·5	Batt. F_2 + F_3.
„ 12	„ „ „	7·0	7·8	0·90	9·3	
„ 12	„ Sp. *P* 2	9·8	8·1	1·21	11·4	Batt. (*A*) + (*B*).
„ 14	„ „ „	8·1	8·5	0·95	11·6	
„ 10	„ Sp. *P* (×) 2	10·6	8·7	1·22	9·3	Barom. 27″ 5‴
„ 12	„ „ „	8·5	9·1	0·94	9·6	
„ 12	„ Sp. *P* 2	10·3	8·4	1·23	11·6	Batt. (*A*) + (*B*).
„ 14	„ „ „	8·6	9·0	0·95	11·6	

Um die Länge derselben Dräthe aus dem Nebenbatteriestrom zu bestimmen, wurde $(A) + (B)$ als Hauptbatterie beibehalten, und $F_2 + F_3$ als Nebenbatterie benutzt. Der Hauptdrath war = 37·5, der Nebendrath = 35·0; die Schlagweite betrug 2·4 Linien, und die gespannten Dräthe standen um 4 Zoll aus einander. Ich fügte nun wegen *B* 6′ *K.* in den Hauptdrath hinzu und bestimmte durch Verlängerung (n) des Nebendraths den Ort des Maximums im Nebenbatteriestrom; dann schaltete ich *B* erst statt der 6′ in den Hauptdrath ein und zweitens unter Beibehaltung der 6′ setzte ich *B* in den Nebendrath. Beide Bestimmungen lieferten ungefähr dasselbe Resultat. Wegen der anderen Dräthe kamen 12′ *K.* in den Hauptdrath hinzu und nach Ermittlung des Orts für das Maximum fügte ich die Dräthe in den Nebendrath ein, weil so die Thermometerangaben etwas grösser blieben. Allein, wie man sehen wird, bleibt auch hier die Bestimmung der äquivalenten Länge höchst schwierig, da sich die beobachteten Zahlen um das Maximum herum zu wenig ändern. Die erhaltenen Werthe scheinen vielleicht etwas zu klein auszufallen, obschon sich der Einfluss des längeren Kupferdraths, mit welchem die Dräthe in derselben Leitung verbunden sind, bemerkbar machen muss. Die Längen übertreffen übrigens bei *B* und Sp. *P* noch hinreichend die natürlichen Längen; ja selbst Sp. *P*(×) bleibt länger. Ob der Widerstand den Ort des Maximums etwas ändert, möchte sich schwer entscheiden lassen, da die Werthe, wie gesagt, keine grosse Schärfe besitzen und eine so bedeutende Abnahme, wie wir sie finden, wohl noch durch den Einfluss des Kupferdraths erklärlich bleiben kann. Überdies stimmen die 8′ *S.* mit dem Resultate aus der Stromtheilung ziemlich genau überein; da nun die äquivalente Länge dieses Draths sich nicht bedeutend von der natürlichen entfernt, so scheint dies anzuzeigen, dass die Ortsveränderung des Maximums, wenn sie überhaupt vorhanden ist, nicht bedeutend sein könne, sondern dass wir vielmehr bei der Erklärung auf die Einwirkung des Kupferdraths zurückgewiesen werden.

Hptdr. + 6′ *K.*

n	θ
2	20·2
4	23·2
6	25·7
8	28·0
10	29·5
12	29·0
14	27·2
16	24·5

Max. bei n = 10·7.

Hptdr. + *B.*

n	θ
2	6·8
4	7·1
6	7·3
8	7·2
10	7·0
12	6·5
14	5·7
16	5·2

Max. bei n = 6·7.
B = 4·0.

Hptdr. + 6′ *K.*
Nbdr. + *B.*

n	θ
2	8·0
4	8·4
6	8·7
8	8·7
10	8·5
12	8·0

Max. bei n = 7·0.
B = 3·7.

Hptdr. + 12′ *K.*

n	θ
10	20·6
12	23·4
14	25·9
16	27·0
18	27·0
20	26·0
22	23·0
24	20·1

Max. bei n = 17·1.

Hptdr. + 12′ *K.*; Nbdr. + Sp. *P.*

n	θ
2	5·7
4	5·9
6	6·0
8	6·1
10	6·1
12	5·9
14	5·7
16	5·5
18	5·3

Max. bei n = 8·5.
Sp. *P.* = 8·6.

Hptdr. + 12′ *K.*; Nbdr. + Sp. *P.* (×).

n	θ
2	5·2
4	5·6
6	5·7
8	6·0
10	6·1
12	6·1
14	5·9
16	5·8
18	5·5

Max. bei n = 10·5.
Sp *P.* (×) = 6·6.

Hptdr. + 12′ *K.*; Nbdr. + 8′ *S.*

n	θ
0	10·9
2	11·8
4	12·6
6	12·9
8	12·7
10	12·1
12	11·2
14	10·0

Max. bei n = 6·3.
8′ *S.* = 10·8.

Damit alles, was thunlich war, zur strengen Ermittelung des Thatbestandes nicht unversucht bliebe, wurden die gespannten Dräthe auf 8 Zoll Distanz eingestellt, dafür aber die Schlagweite der Hauptbatterie auf 3·2 Linien erhöht. Hier sinken die Zahlen vom Maximum ab zwar schneller herab, allein ein grosser Gewinn war doch nicht zu erzielen, weil die Zahlen immer noch zu nahe an einander liegen, als dass nicht die gewöhnlichen Beobachtungsfehler die Feststellung genauer Werthe erschwerten. Nur das tritt deutlich hervor, dass der gestreckte Drath $(4P)$ weniger als der zur Spirale gewundene an äquivalenter Länge einbüsst. Vielleicht macht sich auch der Einfluss des schwächern Stroms etwas geltend. Die Beobachtungen sind folgende:

Hptdr. + 6′ K.

n	θ
6	28·8
8	33·4
10	36·0
12	35·5
14	32·2
16	27·6

Max. bei $n = 10·9$.

Hptdr. + 6′ K.; Nbdr. + B.

n	θ
2	8·0
4	8·6
6	8·9
8	9·0
10	8·8
12	8·4
14	7·8

Max. bei $n = 7·4$.
$B = 3·5$.

Hptdr. + 12′ K.

n	θ
12	25·4
14	29·5
16	32·2
18	32·9
20	30·0
22	25·8

Max. bei $n = 17·3$.

Hptdr. + 12′ K.; Nbdr. + Sp. P.

n	θ
4	5·4
6	5·9
8	6·3
10	6·2
12	5·9
14	5·4

Max. bei $n = 8·9$.
Sp. $P = 8·4$.

Hptdr. + 12′ K.; Nbdr. + Sp. P. (×).

n	θ
6	5·4
8	5·9
10	6·1
12	6·0
14	5·9
16	5·6

Max. bei $n = 10·9$.
Sp. P (×) = 6·4.

Hptdr. + 12′ K.; Nbdr. + (4 P).

n	θ
2	4·9
4	5·4
6	5·7
8	6·0
10	5·7
12	5·4
14	5·0

Max. bei $n = 8·0$.
(4 P) = 9·3.

Aus allen vorstehenden Beobachtungen entstehen folgende Resultate:

1. Die äquivalenten Längen der Dräthe oder Drathverbindungen lassen sich eben sowohl aus dem Nebenbatteriestrom als aus der Stromtheilung entnehmen.

2. Drathverbindungen, deren äquivalente Längen ihre natürlichen bedeutend übersteigen, ebenso feine schlecht leitende Dräthe verlieren an äquivalenter Länge, wenn sie mit längerm Kupferdrath in demselben Schliessungsbogen oder in demselben Zweige vereinigt sind.

3. Die Stromtheilung erfolgt unter Berücksichtigung des in Nr. 2 erwähnten Schwankens in allen Fällen umgekehrt proportional zu den äquivalenten Längen der Zweige, und somit stellt sich die Wärme in den Zweigen umgekehrt zum Quadrate der Längen.

Mit Ausnahme der unter Nr. 2 erwähnten Verhältnisse, die von mir bisher nicht speciell untersucht worden sind, ergeben diese wiederholten Versuche dasselbe, was ich schon früher gefunden hatte; sie geben eine Stromtheilung, die von der galvanischen völlig abweicht.

Ich wende mich jetzt zu dem von Riess aufgestellten Satze, dass die elektrische Stromtheilung der galvanischen ursprünglich gleich sei, aber durch Nebenströme, welche auf den Dräthen selbst entstehen, umgeändert werde. Zuerst will ich nachweisen, dass die in der am Anfang citirten Abhandlung mitgetheilten Beobachtungen auch von mir erhalten worden sind. Diese Beobachtungen zerfallen in zwei Hauptclassen, je nachdem der eine Zweig (Zw. I), welcher die Spirale nicht in sich schliesst, aus Kupferdrath gebildet ist, oder einen schlecht leitenden Drath entweder allein oder in Verbindung mit Kupferdrath enthält. In beiden Fällen geht, so lange die Nebenspirale geöffnet ist, durch Zw. I ein grösserer Stromtheil als dann, wenn dieselbe geschlossen, also die äquivalente Länge von Zw. II verkürzt wird. In dem ersten Falle wird aber der ganze Strom durch Zw. I weniger gehemmt als im zweiten, und Zw. II gibt somit in jenem Falle anfänglich eine grössere Zahl für die Erwärmung als im andern. Geht hierauf durch Schliessung der Nebenspirale ein stärkerer Stromtheil durch Zw. II, so macht es wieder einen Unterschied, ob Zw. II in diesem Zustand einen grössern oder geringern Widerstand darbietet, d. h. ob dieser Zweig den ganzen Strom mehr oder weniger hemmt. Im ersten Hauptfall erhält Zw. II, wenn sein Widerstand

gering ist, eine Steigerung der Wärme durch den vergrösserten Stromtheil, dagegen, wenn sein Widerstand beträchtlich ist, zwar auch eine Steigerung aus demselben Grunde, daneben aber eine Erniedrigung der Wärme durch den vermehrten Widerstand, welcher sich auf den ganzen Strom überträgt, so dass die resultirende Wärme verglichen mit der bei geöffneten Spirale kleiner oder etwas grösser ausfallen kann, je nach der Grösse des Widerstandes in Zw. II. Im zweiten Hauptfall ist die ursprüngliche Wärme in Zw. II, d. h. bei geöffneter Nebenspirale, wegen des Widerstandes in Zw. I gering; wird nun durch Schliessung der Nebenspirale ein grösserer Stromtheil auf Zw. II übergelenkt, so wächst, wenn hier wenig Widerstand ist, die Wärme nicht nur durch den stärkern Strom, sondern auch noch durch Verminderung des Widerstandes in der ganzen Leitung; bietet dagegen Zw. II einen grössern Widerstand dar, so kann, je nachdem er im Verhältniss zu Zw. I bedeutender ist oder nicht, eine Erniedrigung oder nur eine geringe Hebung der Wärme eintreten. Zur Erläuterung entnehme ich aus den oben mitgetheilten Reihen die folgende Zusammenstellung, in der ich, weil die Beobachtungen theils mit der schwächern theils mit der stärkern Ladung der Batterie angestellt wurden, alle Zahlen θ'' in Zw. II auf die stärkere Ladung reducirt habe.

Zw. I.	Zw. II.	Nr. der früh. Beob.	θ'' beob. bei d. schw. Lad.	θ'' beob. od. red. a. d. st. L.
P 36	*P* II	4	8·0	12·0
„ „	„ II (I × 1·5)	23 *b* — *c*		etwa 15·5
P 64	*P* I	6	7·0	10·6
„ „	„ I (II × 3)	27 *b* — *c*		etwa 13· .
„ „	„ I (II × 8)	31 *b*		12·5
„ „	„ I (II × *P* 1)	29 *b* — *c*		etwa 10·2
„ „	„ I (II × *P* 0·5)	33 *b*		8·0
P B 36 [1])	*P* II 6	4	5·0	7·5
„ „ 30	„ II (I × 1·5)	25 6—5		etwa 13·0

Um diese Art von Beobachtungen noch übersichtlicher zu machen und alle Fälle zu berühren, schob ich in Sp. II eine dritte auf eine engere Glasröhre gewickelte und 20′ lange Spirale III ein,

[1]) Dass hier in beiden Zweigen noch 6′ *K.* mehr enthalten waren, als bei der folgenden Beobachtung, hat auf die Wärme in Zw. II wenig Einfluss.

und liess in II durch Induction von Sp. I + Sp. III (I + III), die durch 2′ K. in gleichlaufender Richtung verbunden waren, einen Nebenstrom erregen; dieser ist, wie die weiter unten mitgetheilten Beobachtungen zeigen werden, nicht nur sehr stark und gibt demnach bei Schliessung mit *B P* 0·5 einen sehr grossen Widerstand, sondern er bringt auch bei Schliessung mit 1·5 die äquivalente Länge von I + III von 124 auf 57 zurück, bewirkt also eine bedeutende Änderung in der Stromtheilung. Die Beobachtungen sind wie alle noch folgenden, mit dem alten Thermometer angestellt; die Schlagweite der Batterie war 3·2 Linien.

Nr.	Zw. I.	Zw. II.	θ'	θ''	$\frac{\theta''}{\theta'}$
1	*P* 126	*P* I + III	8·0	8·3	1·04
2	„ „	„ I + III (II × 1·5)	3·1	14·8	4·77
3	„ „	„ „ (II × 8)	3·9	13·5	3·46
4	„ „	„ „ (II × *BP* 0·5)	1·9	6·4	3·36
5	*P* 126	*P* I + III *B*	5·8	5·7	0·98
6	„ „	„ I + III (II × 1·5) *B*	2·3	8·7	3·78
7	*P* 118 (4*P*) [1]	*P* I + III	5·3	5·6	1·06
8	„ „ „	„ „ (II × 1·5)	2·6	12·5	4·81
9	„ „ „	„ „ (II × 8)	3·1	10·9	3·51
10	„ „ „	„ „ (II × *BP* 0·5)	1·6	5·4	3·38
11	„ „ „	„ „ (II × *P* 1)	2·0	9·3	4·65

Diese Beobachtungen geben, wenn man nur auf θ'' achtet, dasselbe Resultat, wie es Riess gefunden hat; sie zeigen aber zugleich, dass man die Thatsachen nicht vollständig erhält, wenn nicht auch die Werthe von θ' vorliegen. Denn während nach θ'' die beiden Fälle unter Nr. 3 und 4, ebenso unter Nr. 9 und 10 als streng von einander zu trennende hervortreten, wie sie auch Riess ausdrücklich von einander geschieden hat, so fallen sie, so wie die Zahlen θ', also die Verhältnisszahlen $\frac{\theta''}{\theta'}$ hinzukommen, vollständig zusammen; es bleibt bei unveränderter äquivalenter Länge des die Nebenspirale schliessenden Bogens, mag dieser besser oder schlechter leiten, die Stromtheilung unverändert, nur werden beide Zahlen θ' und θ'' zugleich kleiner, weil der ganze Strom durch den vermehrten

[1] Zur Ergänzung des Frühern übersehe man nicht, dass (4 *P*) hier eine äquivalente Länge von nahe 8′ hat, wie die Vergleichung von Nr. 7—10 mit Nr. 1—4 zeigt.

Widerstand gehemmt wird, gerade auf dieselbe Weise, wie es sich in Nr. 7, verglichen mit Nr. 1, zeigt.

Bei der Annahme von Nebenströmen auf den Zweigen selbst erheben sich nun zuerst erhebliche Bedenken, wenn man erwägt, dass die äquivalenten Längen der Drathverbindungen eben so wohl aus dem Nebenbatteriestrom als aus der Stromtheilung hergeleitet werden können. Beim Nebenbatteriestrom wird die Drathverbindung z. B. in den Hauptdrath eingeschaltet, sie repräsentirt hier eine gewisse Länge von frei ausgespanntem Kupferdrath und zwar in unveränderter Weise, es mag der übrige Theil des Hauptdrathes länger oder kürzer sein. Wäre die äquivalente Länge durch einen Nebenstrom bedingt, so wäre der schliessende Bügel, denn als solchen müssten wir doch wohl den übrigen Theil des Hauptdraths ansehen, ohne Einfluss auf die Stärke des Nebenstroms. Dies würde von den Strömen abweichend sein, welche man gewöhnlich Nebenströme nennt, und es wird jedenfalls bedenklich, eine Erklärung durch Nebenströme ganz eigener Art aufzustellen, ehe man die Gesetze derselben kennt, da man die Gesetze, welche man bisher von den wirklichen Nebenströmen gefunden hat, nicht auf sie übertragen kann. Diese Unsicherheit über den Charakter der neu creirten Nebenströme macht es überhaupt misslich, über sie zu reden, und es wäre daher wohl zu wünschen, dass wenigstens der Versuch gemacht würde, die bei der elektrischen Stromtheilung beobachteten Thatsachen aus der galvanischen mit Hinzuziehung der Nebenströme abzuleiten, damit man sich an etwas mehr als an einem blossen Worte ohne feste Bedeutung halten könnte. Sieht man ferner auf die für die äquivalenten Längen gefundenen Werthe, so möge ein Nebenstrom die natürliche Länge eines Drathes vergrössern; wenn aber eine Verkürzung eintritt, z. B. wie bei I + II contr., so kann der Nebenstrom doch wohl nicht in der entgegengesetzten Richtung laufen, denn der Drath repräsentirt immer noch eine bestimmte Länge Kupferdrath, die einen Nebenstrom in der frühern Richtung bedingt. Sollen also vielleicht Dräthe, bei denen der Nebenstrom ganz unterdrückt ist, eine äquivalente Länge = 0 haben? Ich weiss nicht, wie ich die Hypothese hier deuten soll. Dann macht der Fall, dass eine Spirale dieselbe äquivalente Länge beibehält, wenn der Bügel der Nebenspirale ohne Rücksicht auf seinen Widerstand äquivalent gleich lang bleibt, ein neues Bedenken. Denn gerade der

Umstand, dass die mit einem schlecht leitenden Bügel geschlossene Nebenspirale den Strom in der inducirenden sehr hemmt, ist als Hauptstütze für die neu angenommenen Nebenströme hingestellt worden; gäbe aber eine solche Schliessung noch besondere Nebenströme, so müsste sicher die Länge des inducirenden Drathes dadurch vornehmlich modificirt werden. Endlich finden wir, dass die äquivalente Länge der schlecht leitenden Dräthe nicht unbeträchtlich grösser ist als ihre natürliche Länge. Bringt also ein Nebenstrom diese Verlängerung hervor, so müsste derselbe vornehmlich bei diesen schlecht leitenden Dräthen auftreten und somit bei der Stromtheilung den Strom von ihnen auf den besser leitenden Zweig hinüber lenken, was gerade das Gegentheil von dem wäre, was man zur Erklärung der von der galvanischen abweichenden elektrischen Stromtheilung voraussetzt.

Eine zweite Art von Bedenken entsteht, wenn man auf die Stärke des Nebenstroms achtet, welche irgend eine Spirale in einer andern erzeugt. Nach dem von Riess citirten Faraday'schen Satze sollte man erwarten, dass die inducirende Spirale sehr bedeutend an äquivalenter Länge verlieren müsste, wenn sie einen starken wirklichen Nebenstrom erregt, weil dann der hypothetische auf der inducirenden Spirale selbst vorhandene Nebenstrom gering wäre und folglich die natürliche Länge derselben wenig steigern könnte; umgekehrt müsste man erwarten, dass die äquivalente Länge der inducirenden Spirale ziemlich unverändert bliebe, wenn sie nur einen schwachen wirklichen Nebenstrom erregt, weil dann der hypothetische ziemlich in unveränderter Stärke verbliebe. Dagegen sprechen aber die Beobachtungen. Schaltet man nämlich in Sp. II noch Sp. III ein und verbindet je zwei Spiralen gleichl. durch 2′ *K*, so habe ich mir schon seit längerer Zeit folgende Angaben notirt, bei denen *H* die Wärme im Stamm, *N* die Wärme des Nebenstroms bedeutet.

Spiralen			*H*	*N*	$\frac{N}{H}$	
I	inducirend	auf II	14·9	12·0	0·80	Bügel: $P+0·7$
II	„	„ I	20·0	5·5	0·27	
I + II	„	„ III	9·6	17·2	1·80	Bügel: $P+1·5$
III	„	„ I + II	22·6	1·5	0·07	
I + III	„	„ II	10·5	17·8	1·70	
II	„	„ I + III	20·8	3·5	0·17	
II + III	„	„ I	15·5	9·3	0·60	
I	„	„ II + III	17·8	5·9	0·33	

Hierzu wurden ausser den schon bekannten äquivalenten Längen von I = 64, II = 36, I + II = 156, I (II × 1·5) = 36, II (I × 1·5) = 18·5 noch folgende bestimmt:

Zw. I.	Zw. II.	θ'	θ''	Äq. L. d. Drath. verb. in Zw. II.
P 102	*P* I + II (III × 1·5)	6·1	5·1	
„ 110	„ „	5·5	5·3	
„ 114	„ „	5·2	5·4	112
„ 22	*P* III	8·1	8·0	
„ 24	„ „	7·7	8·7	22
„ 14	*P* III (I + II × 1·5)	8·2	8·3	
„ 16	„ „	7·8	9·0	14
„ 106	*P* I + III	7·1	5·0	
„ 114	„ „	6·8	5·4	
„ 122	„ „	6·1	6·0	
„ 126	„ „	5·8	6·0	124
„ 58	*P* I + III (II × 1·5)	6·0	6·2	57
„ 14	*P* II (I + III × 1·5)	8·1	9·5	
„ 16	„ „	8·9	8·5	15·5
„ 32	*P* I (II + III × 1·5)	7·9	6·2	
„ 34	„ „	7·4	6·8	
„ 36	„ „	6·8	7·5	35
„ 88	*P* II + III	7·4	5·8	
„ 92	„ „	7·1	6·0	
„ 96	„ „	6·5	6·5	
„ 100	„ „	5·9	6·9	96
„ 44	*P* II + III (I × 1·5)	5·5	8·5	
„ 52	„ „	7·2	6·4	
„ 56	„ „	6·8	6·8	56

Stellt man die Resultate zusammen, so erhält man folgende Tabelle.

Ändert man	in	um, so änd. sich die äquiv. Länge		oder		um, während d. relative Wärme d. Nebenstroms =
		von	in	von	in	
I	I (II × 1·5)	64	36	1	0·56	0·80
II	II (I × 1·5)	36	18·5	1	0·51	0·27
I + II	I + II (III × 1·5)	156	112	1	0·72	1·80
III	III (I + II × 1·5)	22	14	1	0·64	0·07
I + III	I + III (II × 1·5)	124	57	1	0·46	1·70
II	II (I + III × 1·5)	36	15·5	1	0·43	0·17
II + III	II + III (I × 1·5)	96	56	1	0·58	0·60
I	I (II + III × 1·5)	64	35	1	0·55	0·33

Diese Tabelle lehrt, dass, wenn der wirkliche Nebenstrom stark ist, die inducirende Spirale an äquivalenter Länge etwas weniger verliert, als wenn er schwach ist [1]).

Eine dritte Art von Bedenken entsteht daraus, dass man aus dem Faraday'schen Satze auch den directen Beweis herleiten kann, dass entweder auf den Zweigen selbst kein Nebenstrom stattfindet, oder dass derselbe eine unveränderte Stärke hat, in welchem Falle er zur Erklärung nichts nützt und die Annahme desselben überflüssig wird. Bei den oben unter Nr. 9 notirten Stromtheilungen habe ich auch den wirklichen Nebenstrom in dem die Spirale II schliessenden Bügel beobachtet. Als Zw. I aus $P\,40$ und Zw. II aus $P\,1\,(\mathrm{II} \times P\,1)2$ gebildet und bei schwacher Ladung der Batterie $\theta'' = 5{\cdot}9$ war, betrug die Wärme n im Nebenstrom 4·6, also $\frac{n}{\theta''} = 0{\cdot}78$; bei der stärkern Ladung war $\theta'' = 8{\cdot}6$, $n = 6{\cdot}7$, also $\frac{n}{\theta''} = 0{\cdot}78$. Wurde hierauf Zw. I ausgelöst, so dass sich $\mathrm{I}\,(\mathrm{II} \times P\,1)$ im einfachen Stamm befand, so fand sich die Wärme θ im Stamm bei schwacher Ladung $= 12{\cdot}0$ und $n = 9{\cdot}4$, also $\frac{n}{\theta} = 0{\cdot}78$, bei starker Ladung $\Theta = 17{\cdot}8$, $n = 14{\cdot}0$ oder $\frac{n}{\theta} = 0{\cdot}79$. Da die relative Stärke des wirklichen Nebenstroms unverändert bleibt, so folgt aus dem Faraday'schen Satze, dass der hypothetische Nebenstrom von $\mathrm{I}\,(\mathrm{II} \times P\,1)$ entweder von gleicher relativer Stärke bleibt oder gar nicht vorhanden ist, nämlich zunächst in den beiden durchaus verschiedenen Fällen, dass die genannte Drathverbindung sich einmal in dem einfachen Stamm, das andere Mal in einem Zweige befindet. — Als ferner Zw. $\mathrm{I} = P\,46$, Zw. $\mathrm{II} = P\,(\mathrm{I} \times P\,1)\,2\,B$ und $\theta'' = 6{\cdot}1$ war, ergab sich $n = 4{\cdot}8$ also $\frac{n}{\Theta''} = 0{\cdot}79$; war dagegen Zw. $\mathrm{I} = P\,40\,B$ und Zw. $\mathrm{II} = P\,1\,(\mathrm{II} \times P\,1)\,8$, so war $\theta'' = 5{\cdot}8$, $n = 4{\cdot}5$ und $\frac{n}{\theta''} = 0{\cdot}78$, oder wurden beide Zweige um $6'\,K$ verkürzt, so war $\theta'' = 6{\cdot}1$. $n = 4{\cdot}8$ und $\frac{n}{\theta''} = 0{\cdot}79$. Die

[1]) Reducirt man die Schliessung der Nebenspiralen von 1·5 auf 0, multiplicirt man also die Verhältnisszahlen 0·56 — 0·51 u. s. w. mit $\frac{36}{37{\cdot}5}$ — $\frac{64}{65{\cdot}5}$ u. s. w., so gehen sie über in 0·54 und 0·50, in 0·67 und 0·63, in 0·44 und 0·42, in 0·56 und 0·54, die paarweise wahrscheinlich einander gleich sein sollten.

versetzung von B aus Zw. II in Zw. I muss offenbar eine totale Änderung der hypothetischen Nebenströme bedingen, wenn man anders die elektrische Stromtheilung aus den für die galvanische giltigen Gesetzen durch besondere Nebenströme herleiten will. Die wirklichen Nebenströme bleiben, wie man sieht, unverändert und hier sogar in ihrer absoluten Grösse (wenn man vielleicht die relative nicht zulassen wollte); es folgt also aus dem Faraday'schen Satze auf directe Weise, dass sich der hypothetische Nebenstrom mit Umsetzung von B nicht geändert haben könne, und dass somit die ganze Hypothese nutzlos wird.

Wenn aus dem Satze Faraday's zwei directe Beweise für sich gerade widersprechende Annahmen gezogen werden können, so liegt der Grund nicht in der Unzulänglichkeit des Faraday'schen Satzes, sondern vielmehr darin, dass hier ein Nebenstrom in Betracht kommt, der, wenn er überhaupt existirt, von dem Strom, welchen man sonst Nebenstrom zu nennen gewohnt ist, verschieden sein muss, dessen Gesetze man also bis jetzt nicht kennt. Überdies fehlt auch der Nachweis, dass ein wirklicher Nebenstrom nicht auf irgend eine directe Weise auf den ihn erregenden Hauptstrom einwirken und dadurch die beobachteten Erscheinungen hervorbringen könne; es wird vielmehr als bereits erwiesen vorausgesetzt, dass ein Nebenstrom nur durch Vermittlung eines zweiten, im Hauptdrathe selbst entstehenden Nebenstroms auf den Hauptstrom wirke, d. h. die zu erweisende Hypothese wird von Anfang an als erwiesen angenommen.